

## Создание и исследование магнитных структур методами сканирующей зондовой микроскопии

А.А. Бухараев<sup>1,2</sup>, Д.А. Бизяев<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Казанский физико-технический институт им. Е.К. Завойского, 420029, Казань, Россия  
a\_bukharaev@mail.ru

<sup>2</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет, 420008, Казань, Россия

Лекция посвящена применению одного и того же прибора – сканирующего зондового микроскопа в режимах сканирующего зондового литографа, атомно-силового микроскопа и магнитно-силового микроскопа для создания и исследования магнитных микро- и наноструктур.

## Formation and study of magnetic structures by scanning probe microscope

A.A. Bukharaev<sup>1,2</sup> D. A. Bizyaev<sup>1</sup>,

<sup>1</sup> The Kazan E. K. Zavoisky Physical-Technical Institute RAS, 420029, Kazan, Russia  
a\_bukharaev@mail.ru

<sup>2</sup>Kazan Federal University, 420008 Kazan, Russia

The lecture is devoted to the use of the same device - the scanning probe microscope in the modes of scanning probe lithography, atomic force microscopy and magnetic force microscopy for formation and investigation of magnetic micro- and nanostructures.

В лекции на ряде конкретных примеров рассматривается уникальная возможность сканирующего зондового микроскопа (СЗМ) как создавать, так и исследовать различные микро- и наноструктуры. При этом можно использовать один и тот же прибор, работающий в режимах сканирующего зондового литографа, атомно-силового микроскопа или магнитно-силового микроскопа. Универсальность СЗМ позволяет широкому кругу исследователей, включая студентов и аспирантов, не имеющих в своем распоряжении дорогостоящего оборудования, самим создавать и исследовать различные наноструктуры. Например, с помощью недорогого СЗМ Solver P47 фирмы НТ-МДТ в режиме нанолитографии были изготовлены микрочастицы пермаллоя с разным аспектным соотношением; металлические нанопроволоки никеля как отдельно расположенные, так и с массивными контактами из одного или разных металлов [1-3]; сформированы локализованные зарядовые области в манганитах [4]. При этом контролировать размеры и качество полученных структур можно было с помощью СЗМ Solver P47 в режимах атомно-силовой микроскопии или кельвин-микроскопии. В режиме магнитно-силовой микроскопии с помощью этого микроскопа были исследованы: процессы перемагничивания частиц пермаллоя при различных температурах [1]; перестройка намагниченности в магнитных нанопроволоках при пропускании через них импульсного тока высокой плотности [2]; трансформация доменной структуры микрочастиц пермаллоя при их механическом растяжении или сжатии [5]. Важно, что, используя современные методы компьютерного моделирования, исследователь может сравнивать свои экспериментальные СЗМ изображения с модельными, проверяя тем самым правильность интерпретации полученных результатов [1, 2, 5].

1. Н.И. Нургазизов, Т.Ф. Ханипов и др, *ФТТ* 56, 1756 (2014).
2. Н.И. Нургазизов, Д.А. Бизяев, А. А. Бухараев, *ФТТ* 58, 917 (2016).
3. Д.А. Бизяев, А.А. Бухараев, С.А. Зиганшина и др., *Микроэлектроника* 44, 437 (2015).
4. Р.Ф. Мамин, Д.А. Бизяев, Р.В. Юсупов и др., *Известия РАН, Серия физическая* 80, 1196 (2016).
5. Д.А. Бизяев, А.А. Бухараев и др, *Письма в ЖТФ*, 2016, 42, 24 (2016).